

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Уральский государственный педагогический университет»
Институт математики, физики, информатики и технологий
Кафедра информатики, информационных технологий
и методики обучения информатике

Автоматизированная теплица

*Выпускная квалификационная работа
по направлению подготовки «09.03.03 Прикладная информатика»
профиль «Прикладная информатика в сервисе»*

Исполнитель:
студент группы ПИВС 1501-Z
Ерохин М.С.

Руководитель: к.п.н., доцент кафедры
ИИТиМОИ
Кудрявцев А.В.

Работа допущена к защите
«___» _____ 2020 г.
Руководитель _____

Екатеринбург
2020

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ПРОЦЕССА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСТЕНИЕВОДСТВА.	4
1.1 СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕПЛИЦ.	4
1.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВЛЯЮЩИХ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ТЕПЛИЦЫ.	6
1.3 ПЛАН РАБОТЫ СИСТЕМЫ	24
1.4 ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ	29
ГЛАВА 2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	33
2.1 УСТАНОВКА ДАТЧИКОВ.....	33
2.2. ИНСТРУКЦИИ, НАСТРОЙКА, ПРИМЕНЕНИЕ	37
2.3 ТЕСТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ.....	51
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	54
СПИСОК ИНФОРМАЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	56

Введение

В России применение автоматизированных систем управления микроклиматом в теплицах является перспективной областью. Создание актуальных продуктов для сельскохозяйственного рынка положительно скажется на импортозамещении и развитии страны. Автоматизированные системы управления микроклиматом с более низкой стоимостью и простотой в эксплуатации понизит стоимость и содержание самих теплиц.

Объект исследования – автоматизация работы теплицы, на основе микроконтроллера.

Цель работы: смоделировать и разработать бюджетную не габаритную теплицу, управляемую микроконтроллером, способную поддерживать благоприятные условия для культивации растений в городских условиях.

В связи с поставленной целью определены задачи:

- Провести сравнительный анализ методов автоматизации теплиц.
- Определить комплектующие, необходимые для осуществления автоматизированного ухода за растениями
- смоделировать систему управления теплицей
- составить программу для микроконтроллера, принимающую сигналы с датчиков, и управляющую исполнительными механизмами теплицы.

В процессе решения поставленных задач будут рассмотрена документация к датчикам, будут использованы программы для моделирования микроконтроллера и его функций.

Рассматриваемая теплица должна обладать простотой сборки и отладки, расширяемым списком заранее заложенных настроек под определённые растения, а также должна собрана из деталей широко доступных, с умеренной ценовой политикой.

Глава 1. Анализ процесса автоматизированного растениеводства.

1.1 Сравнительный анализ методов автоматизации теплиц.

Растениеводство — отрасль сельского хозяйства, занимающаяся возделыванием культурных растений. Растениеводческая продукция используется как источник продуктов питания для населения, как корм в животноводстве, как сырьё во многих отраслях промышленности (особенно в пищевой, текстильной, фармацевтической и парфюмерной промышленности), а также в декоративных (в цветоводстве) и многих других целях [4].

С давних времен сельское хозяйство предполагает использование непосредственного участия ручного труда человека, что характеризует данную отрасль как трудоёмкую и энергозатратную.

Автоматизация теплиц [2] подразумевает под собой управление и отслеживание параметров климата, которые можно регулировать. Автоматизация поддержания микроклимата способствует лучшему росту и повышению урожайности, а также уменьшает затраты на ручной труд. Возникает необходимость высокой степени автоматизации и механизации технологических процессов.

В общем случае, систему управления можно рассматривать как взаимосвязь нескольких управленческих процессов и объектов. Обобщенной целью автоматизации управления является повышение эффективности использования потенциальных возможностей объекта управления.

Выделяют следующие три вида систем управления микроклиматом.

1. Управляемые вручную. Они включают в себя визуальный контроль роста растений, ручной полив растений, включение и выключение регуляторов температуры, ручное распыление удобрений и пестицидов. Это отнимает много

времени, велика вероятность человеческой ошибки и, следовательно, эти установки менее точны и ненадежны.

2. Частично автоматизированные. Эти установки представляют собой сочетание ручного контроля и частичной автоматизации и похожи на управляемые вручную установки во многих отношениях, однако они уменьшают затраты труда, связанные с поливом и контролем параметров.

3. Полностью автоматизированные. Это сложные установки, которые хорошо оснащены, для того чтобы реагировать на большинство климатических изменений, происходящих внутри теплицы. Эти системы строятся на принципе обратной связи, что помогает им эффективно реагировать на внешние раздражители.

Хотя такие установки способны регулировать большое количество параметров и решать возможные проблемы, связанные с человеческим фактором, они довольно дороги.

Перечислим ряд проблем, которые связаны с вышеупомянутыми системами.

1. Сложность, связанная с отслеживанием изменения климатических параметров таких, как влажность воздуха, влажность почвы, освещенность, pH почвы, температуры и других, которые прямо или косвенно регулируют рост растений.

2. Высокие затраты на обслуживание, потребность в квалифицированном техническом рабочем персонале. Современные установки используют мобильные технологии в качестве систем связи и беспроводных систем сбора данных, обеспечивая глобальный доступ к информации в своих фермах. Но это связано с ограничениями различного рода, таких как сложность конструкции, затрудненный ремонт и высокая цена.

3. Большая часть коммерческих проектов по автоматизации теплиц разрабатываются для тепличных комплексов площадью несколько гектаров, в

то время как, рынок автоматизации теплиц для фермерских и индивидуальных хозяйств остаётся без внимания

Умная теплица – это полностью, или почти полностью, автоматизированная система, позволяющая осуществлять регулировку микроклимата [6. С 104-112].

Современные тепличные комплексы строятся многопролетными по типовым проектам, они комплектуются необходимыми инженерными системами поддержания микроклимата: отопления, полива, вентиляции и циркуляции воздуха, водостока, водоснабжения и канализации, освещения. Все эти системы предназначены для больших предприятий. Они являются сложными в установке и эксплуатации, а также имеют высокую стоимость. Эти системы не применимы для частных или мелких фермерских хозяйств.

1.2 Определение составляющих автоматизированной теплицы.

Автоматизация теплицы подразумевает под собой отслеживание различных показателей и управление микроклиматом для роста растений[28].

Умная теплица способна осуществлять контроль над:

- теплом – предотвращение перегрева или замерзания растений;
- водой – так как в теплицу не попадают осадки, необходимо управлять поливом растений;
- светом – дополнительное подсвечивание растений или их затемнение;
- расходом воздуха и влажности – плотно закрытая теплица приведет к повышению влажности и нехватке кислорода и углекислого газа для растений в зависимости от времени суток;
- насекомые – можно не допустить проникновения вредных насекомых в теплицу или обеспечить комфортные условия для проживания полезных.

Для лучшего роста растений необходимо одновременно контролировать большее количество этих показателей [27]. Это могут обеспечить следующие системы:

- орошение – регулярное поступление воды по определенному графику;
- вентиляция – включение или выключение вентиляторов, или открывание и закрывание форточек;
- дозировка питательных веществ – с помощью анализа почвы можно распределять питательные вещества по системе орошения;
- борьба с вредителями – автоматическое опрыскивание растений.

Для наибольшей автоматизации и регулирования микроклимата все эти системы должны управлять одновременно и составлять одну большую систему, которая сможет оптимизировать их работу[20].

Поддержание заданных климатических параметров является неотъемлемой частью нормального функционирования системы микроклимата. Подбор оптимальных, близких к идеальным условиям для роста, в данной работе, для растений является важной частью, ведь на них основывается микроклимат[8, С 231].

Основные задачи системы автоматического регулирования заключаются в:

- управлении температурой воздуха;
- управлении системы полива;
- управлении осветительными установками.

Раньше автоматизация работы теплицы была дорогостоящей, а порой и не окупаемой процедурой, но на данный момент решение этой проблемы не столь дорого и вполне окупается, а в дальнейшем, приносит еще большую выгоду [11, с 56].

Микроконтроллеры – это программируемая микросхема, которая позволяющая осуществлять управление различными электронными

устройствами. Микроконтроллер содержит одно или несколько процессорных ядер, память, а также программируемые периферийные устройства ввода и вывода.[22]

В результате сравнительного анализа среди широкого ассортимента платформ была выбрана Arduino Nano

Arduino Nano — это полнофункциональный аналог Arduino Uno, но размещённый на миниатюрной плате. Особенностью является отсутствие собственного гнезда для внешнего питания, использование чипа FTDI FT232RL для USB-Serial преобразования и применение mini-USB кабеля для взаимодействия вместо стандартного USB. Плата имеет штырьковые контакты, благодаря им, размещение Arduino возможно непосредственно на макетной плате. Преимущество Arduino Nano заключается в компактности, относительно аналогичного по возможностям Arduino Uno, отсутствии необходимости пайки, а также распространенности провода, используемого для подключения платы к компьютеру. Рассмотрим характеристики платы:

- Микроконтроллер - Atmel ATmega168 или ATmega328
- Рабочее напряжение (логический уровень) - 5 В
- Входное напряжение (рекомендуемое) - 7-12 В
- Входное напряжение (предельное) - 6-20 В
- Цифровые Входы/Выходы - 14 (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ)
- Аналоговые входы - 8
- Постоянный ток через вход/выход - 40 мА
- Флеш-память - 16 Кб (ATmega168) или 32 Кб (ATmega328) при этом 2 Кб используются для загрузчика
- ОЗУ - 1 Кб (ATmega168) или 2 Кб (ATmega328)
- EEPROM - 512 байт (ATmega168) или 1 Кб (ATmega328)
- Размеры - 1.85 см x 4.2 см

Arduino Nano может получать питание через подключение Mini USB, или от нерегулируемого 6-20 В (вывод 30), или регулируемого 5 В (вывод 27), внешнего источника питания. Автоматически выбирается источник с самым высоким напряжением [3].

Микросхема FTDI FT232RL получает питание, только если сама платформа запитана от USB. Таким образом при работе от внешнего источника (не USB), будет отсутствовать напряжение 3.3 В, генерируемое микросхемой FTDI, при этом светодиоды RX и TX мигают только при наличии сигнала высокого уровня на выводах 0 и 1.

Изображение внешнего вида, а также входов и выходов на рисунке 1

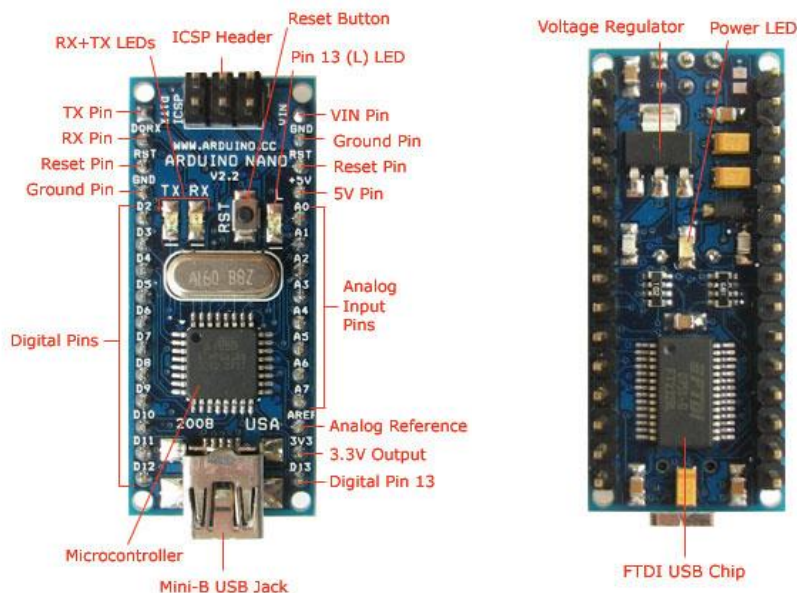


Рисунок 1

На платформе Arduino Nano установлено несколько устройств для осуществления связи с компьютером, другими устройствами Arduino или микроконтроллерами. ATmega168 и ATmega328 поддерживают последовательный интерфейс UART TTL (5 В), осуществляемый выводами 0 (RX) и 1 (TX). Установленная на плате микросхема FTDI FT232RL направляет данный интерфейс через USB, а драйверы FTDI (включены в программу Arduino) предоставляют виртуальный COM порт программе на компьютере.

Мониторинг последовательной шины (Serial Monitor) программы Arduino позволяет посылать и получать текстовые данные при подключении к платформе. Светодиоды RX и TX на платформе будут мигать при передаче данных через микросхему FTDI или USB подключение (но не при использовании последовательной передачи через выводы 0 и 1).

Так же следует отметить отсутствие необходимости нажатия кнопки Reset для перепрограммирования, так как Nano разработана таким образом, чтобы перед записью нового кода перезагрузка осуществлялась самой программой. Одна из линий FT232RL, управляющих потоком данных (DTR), подключена к выводу перезагрузки микроконтроллеров ATmega168 или ATmega328 через конденсатор 100 нФ. Активация данной линии, т.е. подача сигнала низкого уровня, перезагружает микроконтроллер. Программа Arduino, используя данную функцию, загружает код одним нажатием кнопки Upload в самой среде программирования. подача сигнала низкого уровня по линии DTR скоординирована с началом записи кода, что сокращает таймаут загрузчика. Данная функция позволяет перепрограммировать Nano, не имея физического доступа к плате, выведя разъём Mini USB, используя удлинитель, в удобное для доступа место.

Датчики контроля микроклимата внутри теплицы

Для обеспечения благоприятных условий роста растений, так же необходимо осуществлять контроль за окружающей средой. В качестве датчика окружающей среды используется датчик DHT-11. Датчик DHT11 состоит из двух частей из гигрометра и емкостного датчика температуры. Гигрометр измеряет влажность воздуха. Также в датчике присутствует контроллер, который выполняет аналого-цифровые преобразования для передачи цифрового сигнала на микроконтроллер[21, С 13].

- Точность измерения влажности $\pm 3\% \text{RH}$ (в диапазоне 20...80 %RH)
- Точность измерения давления $\pm 1.0 \text{ hPa}$ (в диапазоне 300 . . . 1100 hPa)

- Точность измерения температуры $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (в диапазоне $-40\dots+85\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Модуль рассчитан на использование в различных мобильных устройствах и проектах. Поэтому он занимает немного места и расходует мало энергии.

Внешний вид датчика изображён на рисунке 2

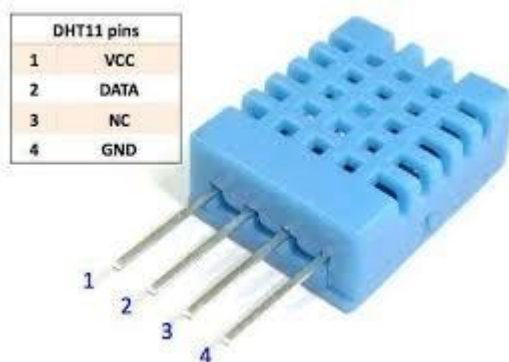


Рисунок 2

Для привязки системы автоматического полива, помимо установленного таймера на включение, к влажности почвы необходимо использовать гигрометр, датчик влажности почвы. [23]

Модуль состоит из двух частей:

- контактного щупа YL-69
- датчика YL-38

В комплекте идут провода для подключения. Между двумя электродами щупа YL-69 создаётся небольшое напряжение. Если почва сухая, сопротивление велико и ток будет меньше. Если земля влажная — сопротивление меньше, ток — чуть больше. По итоговому аналоговому сигналу можно судить о степени влажности. Щуп YL-69 соединен с датчиком YL-38 по двум проводам. Кроме контактов соединения с щупом, датчик YL-38 имеет четыре контакта для подключения к контроллеру.

Датчик YL-38 собран на основе компаратора LM393, который выдает напряжение на выход D0 по принципу: влажная почва — низкий логический уровень, сухая почва — высокий логический уровень. Уровень определяется пороговым значением, которое можно регулировать с помощью

потенциометра. На вывод A0 подается аналоговое значение, которое можно передавать в контроллер для дальнейшей обработки, анализа и принятия решений. Датчик YL-38 имеет два светодиода, сигнализирующих о наличии поступающего на датчик питания и уровня цифрового сигнала на выходе D0. Наличие цифрового вывода D0 и светодиода уровня D0 позволяет использовать модуль автономно, без подключения к контроллеру.

Технические характеристики:

- Напряжение питания - 3.3-5 В
- Ток потребления - 35 мА
- Выход - цифровой и аналоговый
- Размер модуля - 16×30 мм
- Размер щупа - 20×60 мм
- Общий вес - 7.5 г

Комплект датчика влажности почвы изображён на рисунке 3

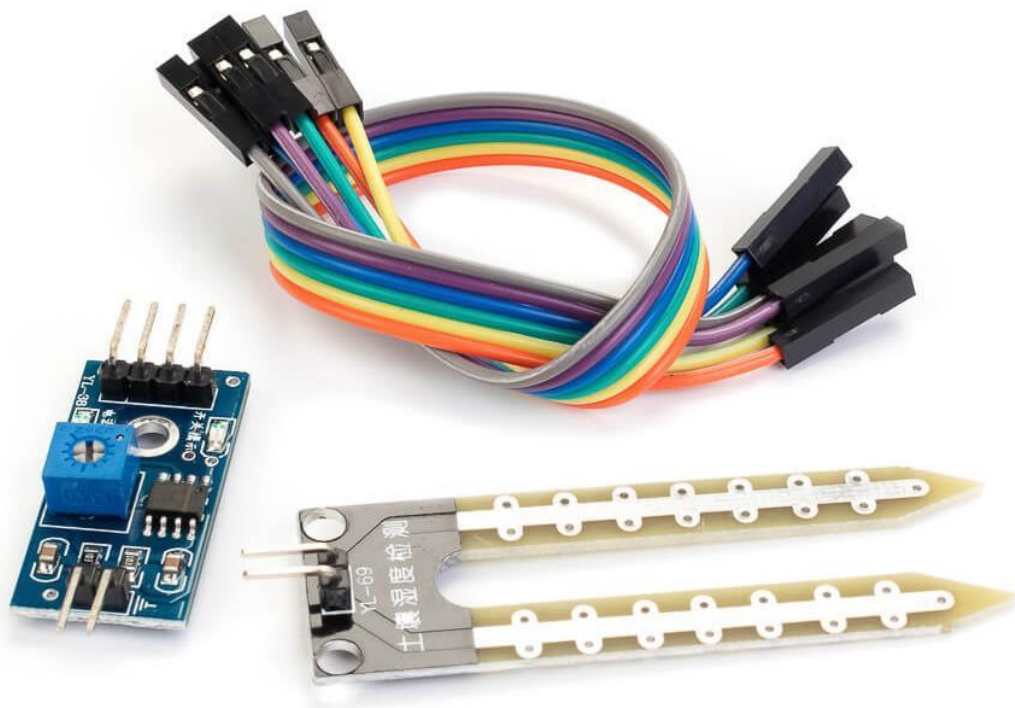


Рисунок 3

В разрабатываемой теплице используется дуговая натриевая лампа трубчатого типа, ДНаТ, рабочая температура которой составляет около 350С, в

связи с чем необходимо предусмотреть систему определения пожара, а также наличия горючих, легко воспламеняемых газов. Специально для обнаружения ядовитых, горючих газов, а также взвешенных частиц, являющихся результатом горения, существует целая серия датчиков MQ. В таблице 1 представлены некоторые из них.

Датчик	Определение газа
MQ-2	Широкого спектра газов (пропан, бутан, метан и водород)
MQ-3	Пары спирта
MQ-4	Природный газ (CH ₄)
MQ-5	Горючие газы
MQ-6	Сжиженные нефтяные газы
MQ-7	Угарный газ
MQ-9	Горючие и угарные газы
MQ-131	Озон (O ₃)

Таблица 1. Датчики серии MQ и газы, которые они определяют. В связи с тем, что мы выбираем датчик для определения возникновения пожара в автоматизированную теплицу, оптимальным вариантом послужит датчик MQ-2. Он определит концентрацию углеводородных газов (пропан, метан, н-бутан), дыма (взвешенных частиц, являющихся результатом горения) и водорода

в окружающей среде. Датчик можно использовать для обнаружения утечек газа и задымления. Изображение датчика на рисунке 4



Рисунок 4

Датчики контроля системы автоматического полива, а также исполнительные механизмы системы автоматического управления

В процессе моделирования автоматизированной теплицы была выявлена необходимость использования датчика уровня воды. Данных датчика необходимо два, так как один датчик является измерителем уровня воды в резервуаре системы автоматического полива, второй датчик измеряет уровень воды в поддоне, для включения откачного насоса из поддона в основной резервуар. Датчик уровня воды предназначен для определения уровня воды в различных емкостях, где недоступен визуальный контроль, с целью предупреждения переполнения емкости водой через критическую отметку.

Конструкции датчиков уровня воды могут быть различными – поплавковые, погруженные, врезные. Данный датчик воды – погруженный. Чем больше погружение датчика в воду, тем меньше сопротивление между двумя соседними проводами. Датчик имеет три контакта для подключения к контроллеру. Рассмотрим каждый из них:

- + – питание датчика
- - – земля
- S — аналоговое значение

На вывод S подается аналоговое значение, которое можно передавать в контроллер для дальнейшей обработки, анализа и принятия решений. Датчик имеет красный светодиод, сигнализирующих о наличие поступающего на датчик питания.

Рассмотрим технические характеристики данного датчика уровня воды:

- Напряжение питания — 3.3—5 В
- Ток потребления — 20 мА
- Выход — аналоговый
- Зона обнаружения — 16×30 мм
- Размеры — 62×20×8 мм
- Рабочая температура - 10 — 30 °С

Данный датчик изображен на рисунке 1.5. Так как форма зоны обнаружения ограничена, так же появляется ограничение глубины используемых резервуаров. Следует отметить что определение точного уровня воды в резервуаре системы автоматического полива не является обязательным условием при монтаже и подборе деталей для полива. Достаточно будет разместить его в верхней части резервуара, для определения переполнения, однако такое возможно только при постороннем добавлении воды в поддон, откуда откачивается вода в резервуар системы полива при сообщении датчиком уровня воды в поддоне о необходимости включения откачного насоса.

Датчик уровня воды изображен на рисунке 5

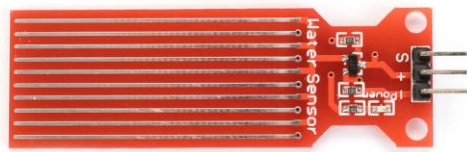


Рисунок 5

Для создания системы автоматического полива необходимо создавать давление в системе подачи воды, и использовать распылитель. Для равномерного орошения почвы, необходимо использование, нескольких распылителей, в зависимости от площади поверхности почвы. В проектируемой теплице ввиду используемых размеров, достаточно пары распылителей типа “Капельницы” Распылитель и клапан изображены на рисунке 6, 7 соответственно.



Рисунок 6



Рисунок 7

В качестве клапана перекрывающего поступление воды на распылитель существует большое количество вариантов. Учитывая отсутствие необходимости большой пропускной способности клапана, подойдут даже самые дешевые варианты клапанов. Электромагнитный клапан состоит из эластичной мембраны, расположенной в центре, которая имеет жесткое металлическое кольцо и через пружину соединена с плунжером. При подаче

напряжения на управляющие контакты, под воздействием магнитного поля катушки, плунжер поднимается вверх и снимает усилие с мембраны, которая моментально поднимается и открывает клапан, открывая при этом трубопровод для дальнейшего протекания жидкости. При закрытии (отсутствии магнитного поля), подпружиненный плунжер опускается и с усилием прижимает мембрану, через кольцо к уплотнительной поверхности.

Так как насос подачи жидкости на распылитель будет включаться синхронно с включением клапана, клапану не придётся удерживать избыточное давление, в связи с этим в качестве клапана был выбран нормально закрытый клапан китайской разработки, не имеющий названия. Характеристики клапана:

- Напряжение питания – 12 вольт
- Удерживаемое давление – до 0,8мра
- Пропускная способность – 20 л\мин при давлении 0.8 мра.
- Потребление тока – 0,03А

Распылитель типа “Капельница” обладает небольшими габаритами, и состоит из минимального числа деталей. Задачей распылителя является распределение жидкости, поступившей во вход на маленькие отверстия расположение на корпусе распылителя. Благодаря такой конструкции увеличивается площадь полива. С увеличением давления в системе длинна струи жидкости из распылителя будет увеличиваться, охватывая большую площадь.

Источники света

В качестве источника освещения будет использована дуговая натриевая лампа трубчатого типа, ДНаТ. Рассмотрим сравнение ДНаТ и светодиодного (LED) источника света.

ДНаТ - Натриевая газоразрядная лампа (НЛ) — электрический источник света, светящимся телом которого служат пары натрия с газовым разрядом в них. Поэтому преобладающим в спектре света таких ламп является резонансное излучение натрия; лампы дают яркий оранжево-жёлтый свет. Эта

специфическая особенность НЛ (монохроматичность излучения) вызывает при освещении ими неудовлетворительное качество цветопередачи. Из-за особенностей спектра и существенного мерцания на удвоенной частоте питающей сети НЛ применяются в основном для уличного освещения, утилитарного, архитектурного и декоративного. Оранжево-жёлтый спектр излучения натриевых ламп имеет особое преимущество для уличного освещения в условиях тумана. Для внутреннего освещения производственных площадей используется в случае, если нет требований к высокому значению индекса цветопередачи источника света.

Однако, длина волны, соответствующая оранжево-жёлтому цвету света, приходится на первый пик фотосинтеза у растений. Длина волны в таком случае составляет 610-720нм. Поэтому использования данной лампы в качестве источника света для растений является оптимальным решением.

Несмотря на свои особенности, натриевые лампы являются одним из самых эффективных электрических источников света. Светоотдача натриевых ламп высокого давления достигает 150 люмен/ватт, низкого давления — 200 люмен/ватт. Срок службы натриевой лампы — до 28,5 тыс. часов.

Светодиодные или ЛЕД-лампы – самый приемлемый по всем параметрам вариант для создания светового режима для растений: они обладают наименьшим энергопотреблением и высоким КПД большой ресурс – эксплуатации одной ЛЕД-лампы может длиться до 50 тысяч часов. Компактные размеры, для освещения растений на полках или нишах, а так же выращиваемых на можно использовать специальные светодиодные ленты. Обладают такими качествами как высокая безопасность и полная экологическая чистота. Светодиодные лампы могут вырабатывать только волны полезного спектра (красные, синие, оранжевые), что позволяет, с одной стороны, сократить расход энергии за счет отсутствия генерации «лишних» волн, с другой – реально регулировать развитие растения, замедляя или ускоряя его, что особенно важно в промышленном цикле. Кроме выбора типа фито лампы,

очень важно правильно выбрать её мощность – на 1 м² освещаемой площади должно приходиться не меньше 70 Вт. Кроме того, следует учесть, что чем ближе лампа будет приближена к растению, тем больше и полнее будет эффект подсвечивания. Но при этом следует учитывать негативные воздействие теплового излучения, поэтому оптимальное расстояние – порядка 20-25 см.

В качестве светодиодного источника рассмотрим готовый вариант светодиодной лампы, специально для выращивания растений – Apollo 4.

Так как источник света подбирается с целью полной замены естественного источника света на искусственный, следует рассчитывать на избыточное освещение, нежели недостаточное, называемое досветкой растения. Сравнительная таблица 2 ДНаТ – 100 и Apollo 4.

	ДНаТ-100	Apollo 4
Стоимость	3000р	14900р
Энергопотребление	100W	140W
Сложность монтажа	Высокая	Низкая
Срок службы	До 28 тысяч часов	До 60 тысяч часов
Минимальная эффективная площадь освещения	0.5квм	0.5квм
Класс безопасности	Отсутствует	IP65
Необходимость дооборудования комплекта	Отражатель при использовании трубчатой лампы	Не требуется
Светоотдача	10000 люмен	450000 люмен

Сравнительная таблица 2

Из сравнительной таблицы можно отметить высокую стоимость светодиодной лампы, а также явное преимущество перед лампой ДНаТ по всем рассматриваемым параметрам. Однако в данном проекте одним из важного условия является стоимость сборки, учитывая данный фактор, выбор сделан в пользу ДНаТ.

На рисунке 8 изображена лампа ДНаТ, на рисунке 9 изображена лампа Apollo 4



Рисунок 8



Рисунок 9

Устройства вывода информации

Для осуществления возможности настроек автоматизированной теплицы, а также для визуализации показателей датчиков необходим дисплей, работающий с использованием шины I2C, с подсветкой и возможностью отображения символов. В качестве дисплея был выбран LCD 2004 Жидкокристаллический индикатор MT-20S4A-I изготовленный на базе серийно выпускаемого индикатора MT-20S4A-I. В жидкокристаллическом индикаторе MT-20S4A-I встроен контроллер INF8574A, аналог PCF8574A, позволяющий управлять индикатором по шине I2C. Использование шины I2C является одним из главных критериев при выборе дисплея, так как данный тип подключения использует минимальное количество портов на процессоре платформы, Arduino NANO.

Дисплей может работать в трёх режимах:

- 8-битный режим — используются младшие и старшие биты (DB0-DB7)
- 4-битный режим — используются только младшие биты (DB4-DB7)
- I²C режим — данные передаются по протоколу I²C/TWI.

Адрес дисплея 0x38.

Использовать четырёхбитный или восьмибитный режим в данном дисплее не целесообразно. Ведь главное достоинство этой модели именно возможность подключения с использованием I2C шины.

Дисплей имеет 18 контактов для питания логики, взаимодействия с подсветкой и управляющей электроники.

Таблица выводов обозначена в таблице 3

Выводы	Обозначение	Описание
1	GND	Общий вывод (земля)

Выводы	Обозначение	Описание
2	Vcc	Напряжение питания (3,3—5 В)
3	Vo	Управление контрастностью
4	RS	Выбор регистра
5	R/W	Выбор режима записи или чтения
6	E	Разрешение обращений к индикатору (а также строб данных)
7	DB0	Шина данных (8-ми битный режим)(младший бит в 8-ми битном режиме)
8	DB1	Шина данных (8-ми битный режим)
9	DB2	Шина данных (8-ми битный режим)
10	DB3	Шина данных (8-ми и 4-х битные режимы)(младший бит в 4-х битном режиме)
11	DB4	Шина данных (8-ми и 4-х битные режимы)
12	DB5	Шина данных (8-ми и 4-х битные режимы)
13	DB6	Шина данных (8-ми и 4-х битные режимы)
14	DB7	Шина данных (8-ми и 4-х битные режимы)

Выводы	Обозначение	Описание
		режимы)
15	+LED	+ питания подсветки
16	–LED	– питания подсветки
17	SDA	Последовательная шина данных
18	SCL	Последовательная линия тактирования

Таблица 3

Следует отметить наличие библиотеки для работы с данным дисплеем в составе базовых библиотек Arduino IDE. В данную библиотеку входит две страницы сгенерированного знакогенератора которые состоят из различных символов и букв. Суммарное количество которых равняется 512 знаков.

Каждый из знаков имеет свой код в шестнадцатеричной системе исчисления. На рисунке 1.8 изображены две страницы знакогенератора, так как ограничения по количеству страниц знакогенератора отсутствуют, есть возможность генерации собственных пользовательских знаков, используя минимальный элемент дисплея, матрицу 5*8 точек. Однако рассматриваемый дисплей не поддерживает возможность отображения на экране знаков из нескольких страниц одновременно. Следует так же отметить что I2C шина является дополнительным элементом к дисплею, так как изначальная проектировка предполагала использование четырёхбитный или восьмибитный режим отображения символов. Характеристики дисплея LCD 2004:

- Напряжение питания: 3,3—5 В
- Максимальный ток потребления: 1,4 мА
- Потребляемый ток подсветки: 120 мА
- Индикация: 4 строки по 20 символов. Символы отображаются в матрице 5×8 точек

- Габариты: 98×60×13 мм

Графическое изображение дисплея с установленным модулем I2C продемонстрировано на рисунке 10



Рисунок 10

1.3 План работы системы

Система будет состоять из самой платы Arduino Nano, нескольких датчиков, и дисплея для отображения данных полученных с датчиков. Датчик температуры и влажности воздуха устанавливается на расстоянии 20 сантиметров от лампы, датчик влажности почвы погружается непосредственно в субстрат, датчик задымления и газа устанавливается на потолке теплицы, датчик уровня воды устанавливается в поддон. Лампа ДНаТ располагается по центру потолка, на расстоянии от него 10 сантиметров, подвод проводов осуществляется специальными хомутами, имеющими крепление к стене. Дроссель и ИЗУ ДНаТ расположить вне теплицы, максимально низко. Два распылителя воды для полива расположить по краям горшка, учитывая диаметр разбрызгивания воды. Электрический клапан необходимо установить максимально близко к распылителю по линии подачи воды, для избежание вытекания жидкости, оставшейся в шлангах после закрытия клапана подачи

воды. Все датчики соединены с платой, которая будет считывать с них показания. При срабатывании определённых датчиков, срабатывают определённые исполнительные механизмы.

Вентиляция работает в паре с освещением, однако при выключении освещения, осуществляется контроль за влажностью и температурой воздуха, благодаря чему, на основании заданных параметров включается вытяжной вентилятор.

Режим автополива регулируется временными таймерами. Также система автоматического полива предусматривает слежение за влажностью почвы, с помощью датчика влажности почвы, на основании показаний которого возможен полив растения.

Рассмотрим подробнее возможности платы Arduino Nano V3.0, входы, выходы, алгоритмы подключения модулей и способы подключения питания. Плата изображена на рисунке 11

Arduino Nano – одна из самых малоразмерных плат Arduino. Является полным функциональным аналогом Arduino Uno – так же работает на чипе ATmega328P, однако существуют варианты на Atmega 168, но с меньшим форм-фактором. Из-за своих габаритных размеров плата часто используется в проектах, в которых важна компактность. На плате отсутствует вынесенное гнездо внешнего питания. Arduino Nano работает через разъём Micro-USB остальным параметры совпадают с моделью Arduino Uno.

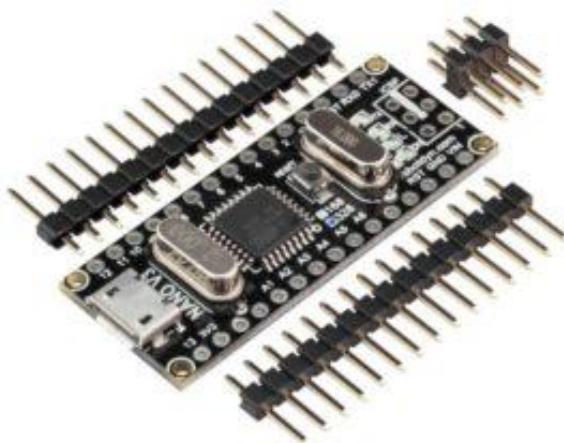


Рисунок 11

Arduino Nano на базе ATmega328P – имеет 26 портов ввода вывода, из которых 8 аналоговые входы, несмотря на это они могут использоваться как цифровые выходы, 14 цифровых входов и выходов из которых 6 могут работать как широтно-импульсный модулятор (ШИМ), еще два задействованы под использование шины I2C и 3 под SPI шину.

Подробную схему входов и выходов можно увидеть на рисунке 12.

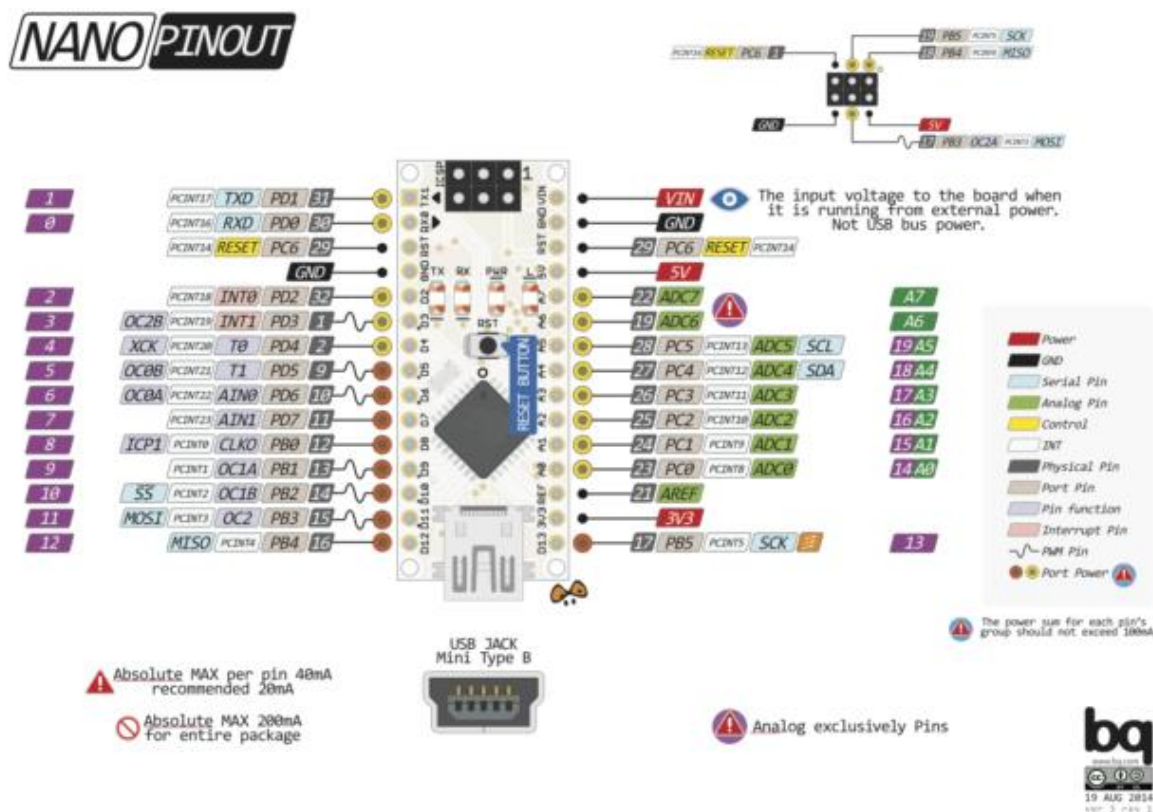


Рисунок 12. Схема контактов платы Arduino Nano

Для подключения платы Arduino к ПК используется Микросхема FTDI FT232RL. В процессе установки связи формируется эмулируемый последовательный COM-порт. Драйвера и всё необходимое программное обеспечение включено в пакет Arduino IDE.

В пакет программного обеспечения Arduino IDE также входит специальная программа, позволяющая считывать и отправлять на плату простые текстовые данные. При передаче данных компьютеру через USB на плате будут мигать светодиоды RX и TX, однако при последовательной передаче данных посредством выводов 0 и 1 данные светодиоды не задействуются. Библиотека SoftwareSerial позволяет реализовать последовательную связь на любых цифровых выводах Arduino Nano. В микроконтроллерах ATmega328 и ATmega168 также реализована поддержка последовательных интерфейсов I2C (TWI) и SPI. В программное обеспечение Arduino входит библиотека Wire, позволяющая упростить работу с шиной I2C. Более подробная информация об I2C шине написана в документации.

AREF: Пин для подключения внешнего опорного напряжения АЦП относительно которого происходят аналоговые измерения при использовании функции `analogReference()` с параметром «EXTERNAL».

Breadboard (макетная (монтажная) беспаячная плата). Основное назначение такой платы — конструирование и отладка прототипов различных устройств. Состоит данное устройство из отверстий-гнезд с шагом 2,54мм либо кратным ему. Макетные платы бывают различных размеров, но в большинстве случаев они состоят из одинаковых блоков, рисунок 13. Слева и справа находится по две линии питания: здесь все отверстия в столбце соединены между собой. Прорезь по середине предназначена для установки и удобного извлечения микросхем в DIP-корпусах. DIP корпус (англ. dual in-line package, также DIL) - применяется для микросхем, микросборок и некоторых других

электронных компонентов. Корпуса такого типа отличаются прямоугольной формой и наличием двух рядов выводов по длинным сторонам.

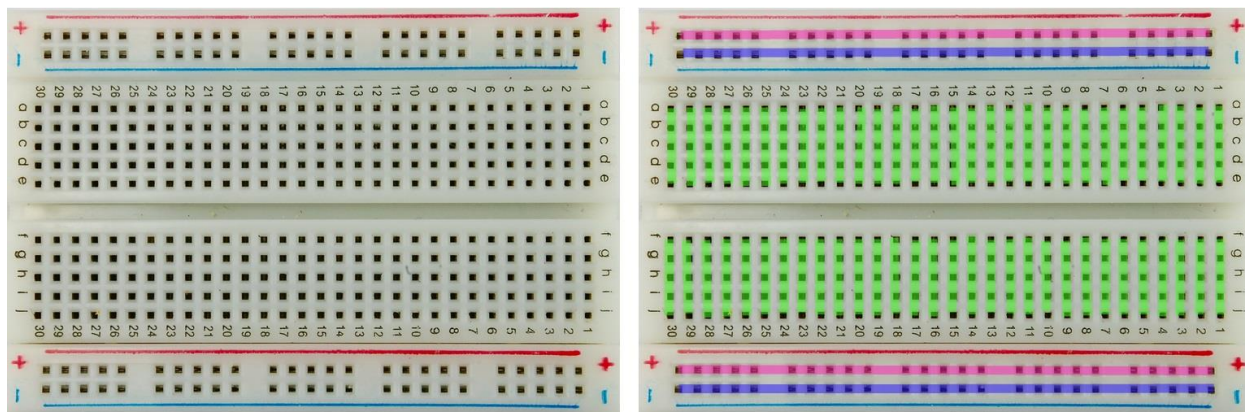


Рисунок 13. Breadboard

Беспаячные монтажные платы используют как для создания простых электросхем, так и для сложных проектов.

Еще одна сфера применения breadboard'ов - проверка новых деталей и компонентов - например, микросхем (ICs).

Как и всем электронным устройствам, на Arduino необходимо напряжение питания. Arduino Nano может быть запитан через кабель Mini-USB, от внешнего источника питания с нестабилизированным напряжением 6-20В (через вывод 30) либо со стабилизированным напряжением 5В (через вывод 27). Устройство автоматически выбирает источник питания с наибольшим напряжением. В качестве внешнего источника питания (не USB) может использоваться любой сетевой AC/DC-адаптер или аккумулятор/батарея.

Напряжение внешнего источника питания может быть в пределах от 6 до 20 В. Однако, уменьшение напряжения питания ниже 7В приводит к уменьшению напряжения на выводе 5V, что может стать причиной нестабильной работы устройства. Использование напряжения больше 12В может приводить к перегреву стабилизатора напряжения и выходу платы из строя. С учетом этого, рекомендуется использовать источник питания с напряжением в диапазоне от 7 до 12В.

Выводы питания:

— VIN: вход для внешнего питания, используется при отсутствии питания от разъема USB. Напряжение, поступающее в Arduino непосредственно от внешнего источника питания. Через этот вывод можно как подавать внешнее питание, так и потреблять ток, когда устройство запитано от внешнего адаптера.

— 5V: используется для питания МК и других компонентов. На этот вывод поступает напряжение 5В от стабилизатора напряжения на плате, вне зависимости от того, как запитано устройство: от адаптера (7 - 12В), от USB (5В) или через вывод VIN (7 - 12В). Запитывать устройство через выводы 5V или 3V3 не рекомендуется, поскольку в этом случае не используется стабилизатор напряжения, что может привести к выходу платы из строя. Максимальный выходной ток составляет 800 мА.

— 3V3: вывод 3.3В, через него поступает напряжение от стабилизатора напряжения на плате. Максимальный выходной ток составляет 150 мА.

— GND: выводы земли.

Так как для питания насоса, создающего давление в системе автоматического полива, требуется большее напряжение и ток, чем заявлено в документации необходимо использовать сильноточные релейные модули, с гальванической развязкой линии управления от силовой. Так же, для работы лампы ДНаТ требуется подключение внешнее питание.

1.4 Техническое задание

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

на разработку информационной системы автоматизированной теплицы.

Составлен на основе ГОСТ 34.602-89 «Техническое задание на создание автоматизированной системы»

1. Общие сведения.

1.1. Название организации-заказчика.

ИП “Варовин С.Н.” магазин розничной торговли “Ясень”

1.2. Название продукта разработки (проектирования).

Автоматизированная теплица на основе микроконтроллера, датчиков и исполнительных механизмов.

1.3. Назначение продукта.

Автоматизированное выращивание овощей и фруктов. Наблюдение и регулировка таких параметров как: влажность воздуха, влажность почвы, длительность светового дня, регулировка температуры воздуха, обеспечение поступления свежего воздуха в теплицу.

1.4. Плановые сроки начала и окончания работ.

Начало работ по созданию системы – 10 ноября 2019. Конец работ по созданию системы – 10 февраля 2020.

2. Характеристика области применения продукта.

2.1. Процессы и структуры, в которых предполагается использование продукта разработки.

Автоматизированное производство продуктов питания для розничной продажи в своём магазине.

2.2. Характеристика персонала (количество, квалификация, степень готовности).

Персонал должен состоять из одного человека квалификации пользователь. (Программист – при изменении, модификации программы. После провести тестирование). Сохранять целостность и не допускать повреждения микроконтроллера, датчиков и соединительных проводов при установке. Знать правила пользования и эксплуатации электроприборов.

3. Требования к продукту разработки.

3.1. Требования к продукту в целом.

Простота установки, настройки. Цена. Гибкость и масштабируемость.

3.2. Аппаратные требования.

Микроконтроллер и датчики: датчик влажности почвы, датчик температуры и влажности воздуха, датчик освещённости пьезоизлучатель для звукового оповещения. Исполнительные механизмы: вентилятор канальный вытяжной, лампа мощностью свыше 50вт, система капельного полива, реле для установки и разрыва соединений в электросетях.

3.3. Указание системного программного обеспечения (операционные системы, браузеры, программные платформы и т.п.).

Windows, Arduino IDE.

3.4. Указание программного обеспечения, используемого для реализации.

Windows, Arduino IDE.

3.5. Для сетевых систем – особенности реализации серверной и клиентской частей.

3.6. Форматы входных и выходных данных

Входные данные: Показания температуры и влажности – дробное число. Гигрометр — целое число от 0 (потоп) до 1023 (сухо). Значение датчика двери — 0 (геркон замкнут — двери закрыты) и 1 (геркон разомкнут — двери открыты), датчик уровня воды в баке системы капельного полива – дробное число от 0 до 100.

Выходные данные: Дисплей 2004 LCD отображающий: показания температуры воздуха виде десятичной дроби, показания влажности воздуха в процентном виде, показатель влажности почвы в процентном виде, информационные сообщения.

3.7. Источники данных и порядок их ввода в систему (программу), порядок вывода, хранения.

Круглосуточный слежение за состоянием среды вокруг растения внутри теплицы датчиками. Источники данных — сами датчики. Код скетча хранится в постоянно запоминающем устройстве (ПЗУ) — flash-памяти. Во время работы устройства, значения датчиков хранятся в переменных, которые в свою очередь

находятся в энергонезависимой памяти— EEPROM в виде нулей и единиц (двоичная система исчисления), что позволяет не терять настройки после перезагрузки или отключения питания от системы.

3.8. Порядок взаимодействия с другими системами, возможности обмена информацией.

LCD дисплей для отображения текущих параметров, настроек

3.9. Меры защиты информации.

Код микроконтроллера изменяется только непосредственно при физическом контакте с подключением платы к компьютеру.

Сам микроконтроллер будет находится в закрытом помещении исключая повреждение от погодных условий или несанкционированного доступа.

4. Требования к пользовательскому интерфейсу.

4.1. Общая характеристика пользовательского интерфейса.

LCD дисплей.

4.2. Размещение информации на экране, дизайн экрана.

Двухцветный LCD дисплей, прямоугольной формы, размещённый на единой печатной плате с платформой Arduino Nano

4.3. Особенности ввода информации пользователем, представление выходных данных.

5. Требования к документированию.

5.1. Требования к содержанию отдельных документов.

В правилах работы с системой должны указаны схемы подключения, настройки и способах проверки (тестирования). Общий перечень датчиков и используемых компонентов системы (состав).

6. Порядок сдачи-приемки продукта.

Проверка работы. Передача продукта и документации.

Глава 2. Практическая часть

2.1 Установка датчиков

Важным этапом проектирования автоматизированной системы является макетирование. Для наглядности схем будем использовать программу Fritzing. Программа позволяет в графическом режиме моделировать сборку разрабатываемой системы.

Первым этапом сборки системы является подключение самой платы Arduino Nano к питанию. В качестве источника питания используется блок питания AC-DC 220 вольт – 12 вольт. Пиковым значением выходного тока, производителем указано, 15А – Рисунок 14.



Рисунок 14

Платформа Arduino Nano предполагает подключение к нестабилизированному источнику питания 5-20В, однако для стабильной работы необходимо подключение к стабилизированному источнику с напряжением 5В. В качестве понижающего стабилизатора используется преобразователь DC-DC LM2596. У данного преобразователя предусмотрена регулировка выходного напряжения. Регулировка напряжения осуществляется при помощи подстроечного резистора, установленного на модуле. Входное напряжение 3.2 - 40 В, выходное 1.25 - 35 В, которое всегда меньше входного. Максимальный выходной ток до 3А при условии достаточного охлаждения. Подключив к питанию Arduino Nano начнём подключение датчиков. На плате

Arduino присутствует контакт для подключения питания на датчики, однако использование данного контакта приведёт к повышенной нагрузке на встроенный стабилизатор. По этой причине подключение датчиков и механизмов следует делать непосредственно к источнику питания Arduino. Рассмотрим подключение датчика температуры и влажности воздуха.

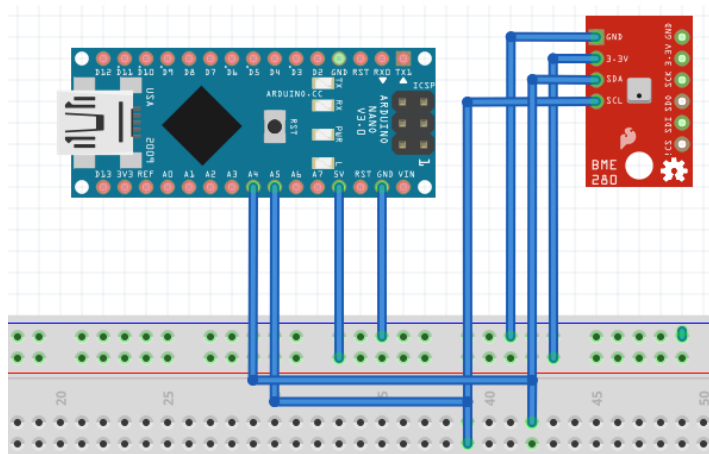


Рисунок 15

На рисунке 15 изображено графическое представление подключенной платформы Arduino Nano и датчика температуры и влажности воздуха.

Следующим этапом макетирования системы будет установка дисплея. Так как дисплей управляется шиной I2C подключение управляющих контактов необходимо осуществлять в точно обозначенные контакты на плате Arduino

Датчик температуры и влажности, дисплей подключённые к плате Arduino Nano — рисунок 16

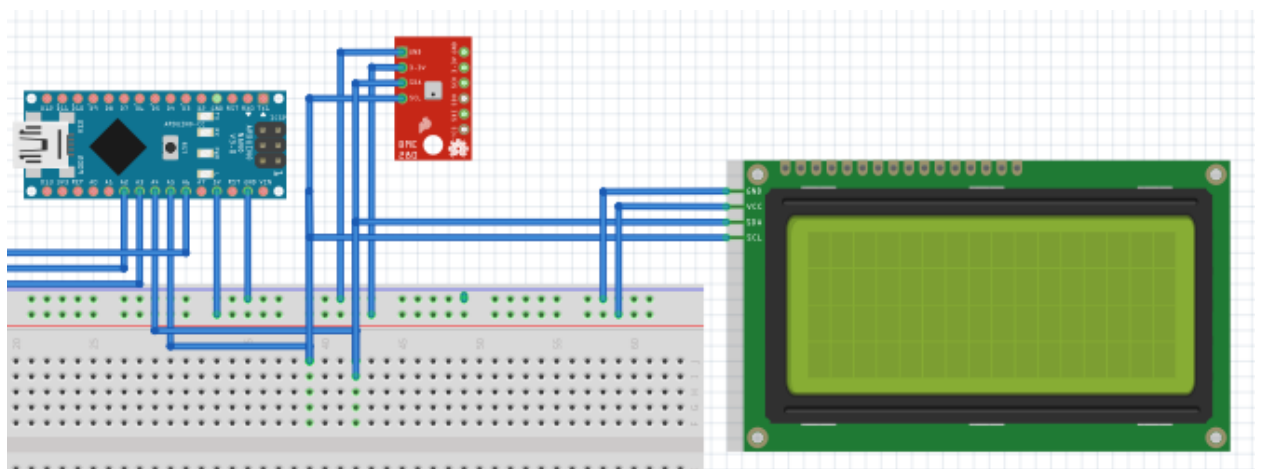


Рисунок 16

Следующим этапом макетирования является установка аналоговых датчиков. В качестве выводов, принимающих сигналы с аналоговых датчиков, были выбраны выводы А0-А3 включительно. Аналоговые датчики так, как и все, требует внешнего подключения питания 5 вольт.

На схематичном изображении подключения аналоговых датчиков, датчик MQ-2 заменён на MQ-3, в связи с отсутствием в базе элементов первого. Однако схемотехника полностью идентичная, разница заключается только в чувствительных элементах. Подавать питание на датчики можно напрямую с платы Arduino, однако использование источника питания на прямую для подачи напряжения на датчики гарантирует стабильную работу системы и отсутствие вероятности выхода из строя основной платы микроконтроллера.

На датчике влажности почвы присутствует потенциометр, регулирующий пороговое значение, сравниваемое компаратором LM393 со значением, полученным с датчика. В случае если значение, установленное потенциометром, окажется ниже полученного с датчика на плате датчика засветится светодиод. Схематичное изображение подключения аналоговых датчиков изображено на рисунке 17.

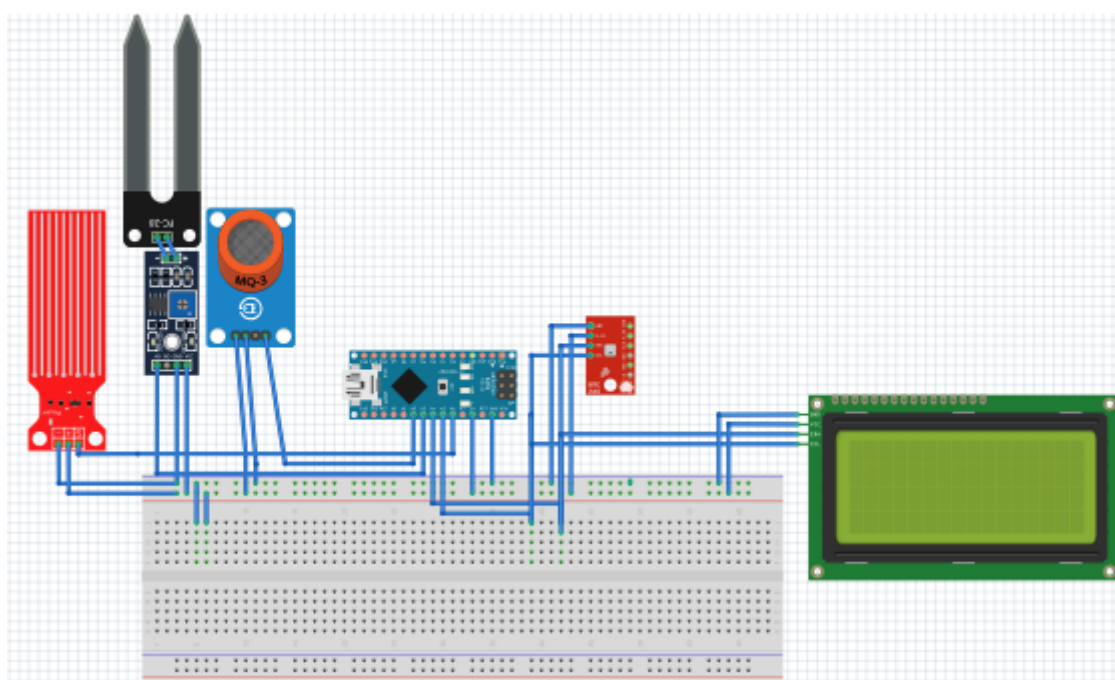


Рисунок 17

Для коммутации силовых цепей необходимо использовать реле. Реле бывают выполнены в качестве релейного модуля, содержащего в себе один или несколько реле, а также радиодеталей, осуществляющих гальваническую развязку между управляющими контактами и силовыми. Реле может управлять практически чем угодно, но проблемы возникают именно с индуктивной нагрузкой, причём как постоянного, так и переменного тока. При резком включении и отключении индуктивной нагрузки создаётся выброс, напряжение которого может в несколько раз превышать напряжение питания цепи, этот выброс провоцирует электромагнитные наводки в электрических цепях, которые приводят к сбоям в работе микроконтроллера и других компонентов. Индуктивной нагрузкой являются моторы, приводы, помпы, соленоиды, электромагниты, соленоидные клапаны. По этой причине не рекомендуется использование обычных реле без обвязки. Для коммутации цепей переменного тока рекомендуется использование твердотельных реле, так как обычные реле работают по принципу замыкания контактов. При больших мощностях в момент замыкания происходит искрение, что приводит к подгоранию контактов, уменьшению площади соприкосновения контактных площадок. В результате происходит нагревание реле, что опасно возникновением пожара. Следует учесть, что твердотельные реле так же нагреваются, однако данное явление проявляется на более высоких мощностях, и не связано с ухудшением характеристик реле.

Рассмотрим схематичное подключение реле к плате. В качестве сигнальных выводов обозначены контакты D2-D5. На схеме изображено подключение релейного модуля с двумя реле, двух твердотельных реле средней мощности, для подключения вытяжного вентилятора и лампы. Схема подключения проиллюстрирована на рисунке 18

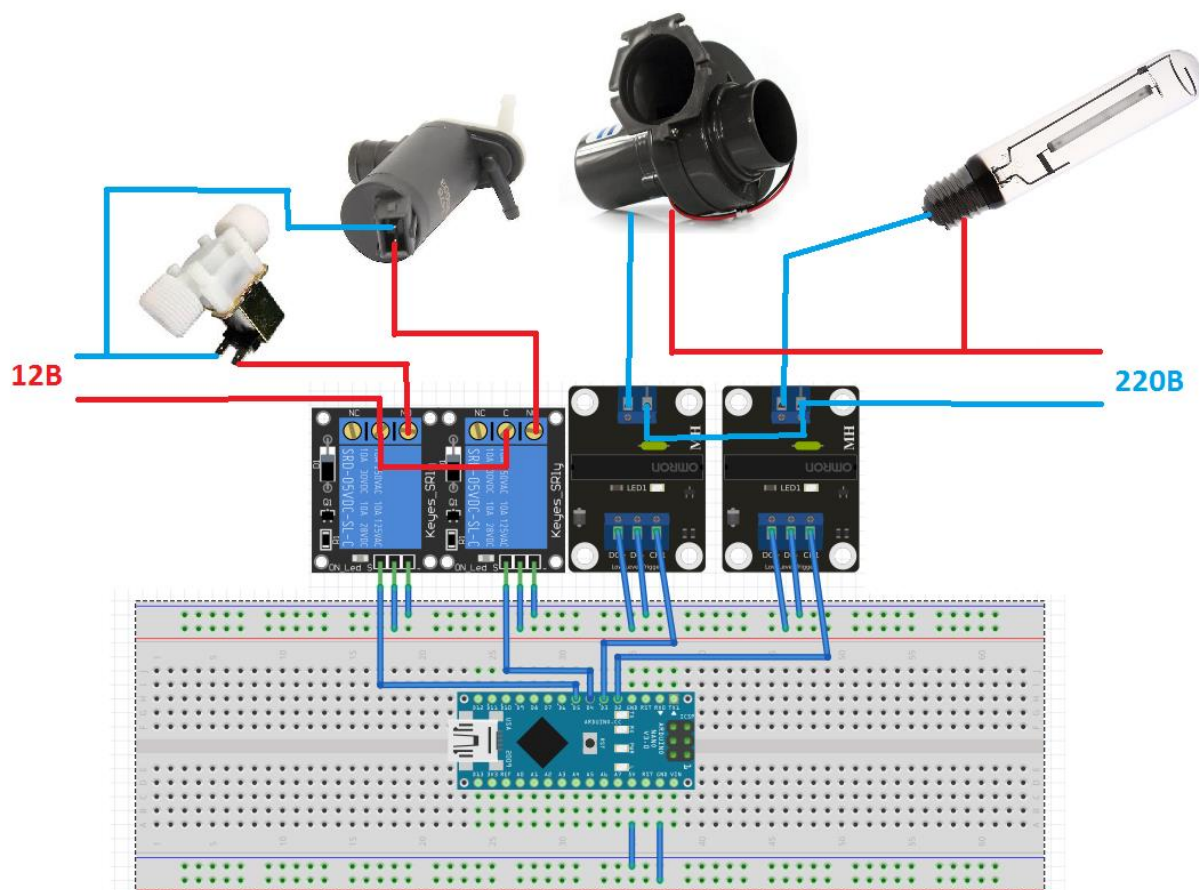


Рисунок 18

2.2. Инструкции, настройка, применение

Программирование на Arduino

Писать программы можно множеством разных способов, самый распространенный и доступный – Arduino IDE. IDE – это среда программирования, в ней есть все необходимое для написания первых скетчей (рисунок 22). Программа бесплатная и любой желающий может скачать с официального сайта arduino.cc, а так же посмотреть исходники в официальном репозитории. Все последние версии Arduino IDE поддерживают русский интерфейс.

Используя программную среду Arduino IDE, можно решать самые разные творческие задачи, связанные с программированием и моделированием.

На сегодняшний день с помощью Arduino конструируют всевозможные интерактивные, обучающие, экспериментальные, развлекательные модели и устройства. Интерфейс сравнительно простой в освоении, его основой является язык C++, поэтому освоить инструментарий могут даже начинающие программисты.

Сама программа предоставляется с открытым исходным кодом. Все базовые инструменты распространяются бесплатно — достаточно выбрать версию, соответствующую операционной системе.

С помощью простого интерфейса можно быстро создавать новые скетчи. Скетч - это программа, написанная для платформы Arduino и имеющая определенную структуру. Можно посмотреть примеры таких скетчей во вкладке «Файл»

Процесс программирования платы состоит из двух этапов: вы пишете программу-скетч в одной из популярных сред программирования (например, в Arduino IDE). Затем вы загружаете скетч в контроллер нажатием одной кнопки. Скетч загружается и записывается в специальную область памяти контроллера и запускается автоматически каждый раз при включении платы. Загрузив код программы один раз, он останется там пока не перезапишется другой программой. Если памяти для хранения данных будет не хватать, можно подключить дополнительный модуль памяти для Arduino.

Программа на Arduino содержит две одинаковые функции: `void setup()` и `void loop ()`. В начале кода объявляются константы и используемые порты. В разделе `void setup()` указываются команды которые выполняются один раз. Раздел `void loop()` содержит команды которые выполняются всё время пока включена плата Arduino. Начав выполнение с первой команды, микроконтроллер дойдет до конца и сразу же перейдёт в начало, чтобы повторить ту же последовательность. И так бесконечное число раз (до тех пор, пока на плату подано электричество).

Так же есть возможность тестирования с помощью вывода результата работы или сообщений для отладки в последовательный порт или монитор порта, проиллюстрированный на рисунке 19.

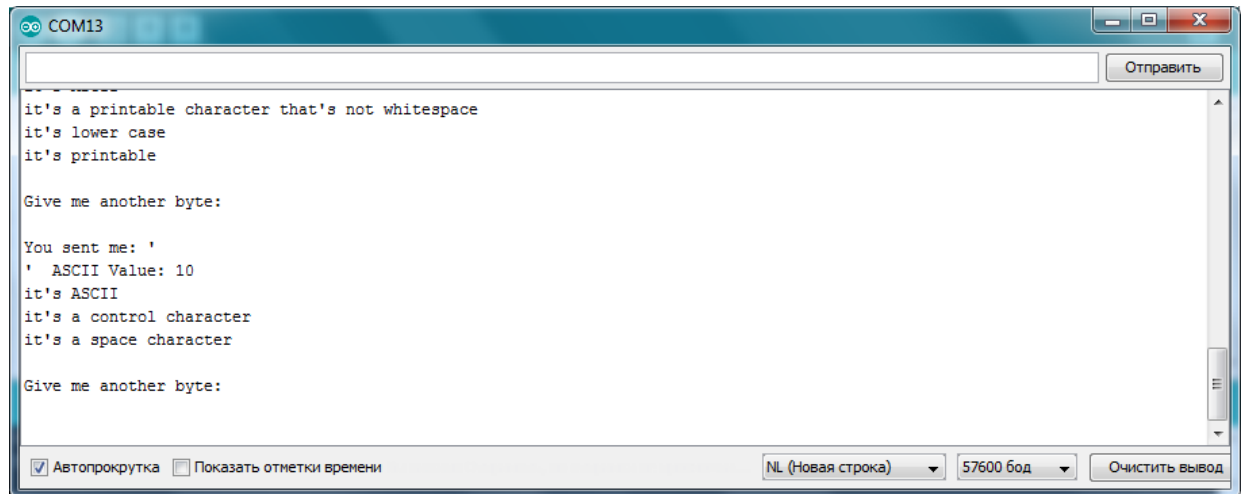


Рисунок 19. Монитор порта

Для того, чтобы установить соединение в скетче, а именно в функции `setup`, нужно вызвать метод `begin` класса `Serial` и указать скорость соединения: `Serial.begin(57600)`. Что бы информация отображалась корректно, нужно выбрать такую же скорость в мониторе порта. Она указывается в «бод'ах». Бод - скорость передачи данных по последовательному интерфейсу в битах в секунду. Для взаимодействия с компьютером следует использовать одну из предустановленных скоростей обмена: 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 14400, 19200, 28800, 38400, 57600 или 115200. Тем не менее, можно задавать и другие скорости - например, для взаимодействия с каким-либо специфичным компонентом посредством выводов 0 и 1.

Для более легкой и продуктивной работы с Arduino есть возможность использовать дополнительные библиотеки. Библиотеки Arduino - это части программы для выполнения конкретных задач. С помощью библиотек можно выполнять сложные действия всего парой строк кода. В Arduino IDE менеджер библиотек для работы с библиотеками. Прямо из меню программы можно скачать, установить и подключить в свой скетч множество библиотек – рисунок 20.

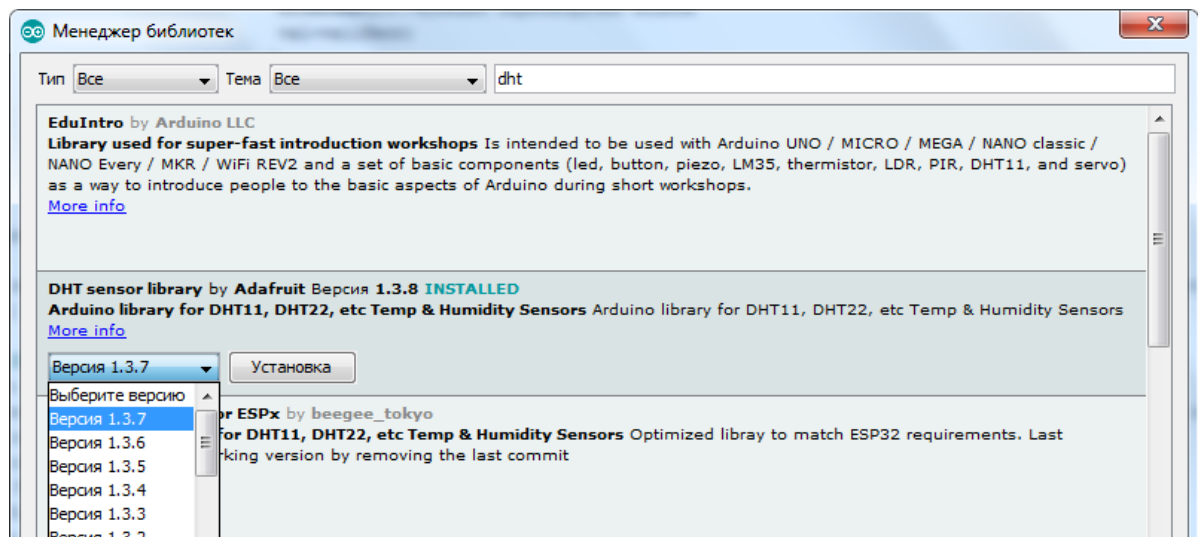


Рисунок 20. Менеджер библиотек

Для большинства библиотек Arduino можно выбрать какую версию установить. Так же там можно найти описание и примеры использования. Это поможет понять принцип работы библиотеки. Примеры можно доработать под свои нужды и использовать для реализации своих устройств.

Если нет возможности установить Arduino на компьютер, можно создавать скетчи в онлайн-версии. Для этого нужно открыть страницу онлайн-среды разработки на официальном сайте Arduino.

Как уже отмечалось выше Arduino Nano имеет 14 цифровых и 8 аналоговых портов ввода вывода.

Некоторые датчики, используемые в проекте, требует дополнения штатного списка библиотек. Библиотеки работы датчиков и устройств находятся в “Libraries”.

Приступая к программированию кода программы требуется определить необходимые подключаемые библиотеки. Написание программ для плат

Написание программы в Arduino IDE следует разделить на три этапа:

- в первом этапе подключаются библиотеки, а также назначаются порты, в которые подключены датчики;
- во втором этапе необходимо определить режимы работы датчиков, это делается в специальном цикле `void setup();`

- третий этап проходит в специальном цикле `void loop()`, код написанный в этой функции будет выполняться пока микроконтроллер подключен к сети.

В качестве среды моделирования работы системы используется CAD Proteus 8.5. Так как в стандартном наборе деталей отсутствует плата Arduino Nano необходимо загрузить расширенную библиотеку, содержащую набор плат и библиотек Arduino.

Инициализируем датчик температуры и влажности воздуха. Для этого необходимо подключить библиотеки DHT.h. Однако данная библиотека не входит в стандартный набор библиотек Arduino IDE. После загрузки и установки DHT.h подключим ее к нашему проекту. Следующим шагом будет утверждение директивы, соответствующей номеру бита порта, в который приходит сигнал с датчика, инициализация датчика, указание используемого датчика (DHT-11 или DHT-22). Значения получение с датчика записываем в переменные `t`, `h` – температура и влажность соответственно. В нашем случае для подключения DHT-11 используется контакт D2. Следует заметить, что производитель не рекомендует опрашивать датчик чаще одного раза в две секунды. Для выполнения этого условия сделаем задержку функцией `delay(2000)`.

Далее подключим LCD 2004. Так как в комплектующих к разрабатываемой системе прилагается модуль преобразования сигнала ПС/I2C подключать требуется так же по I2C шине. I2C двухпроводная шина, контакты отведённые под неё указаны в документации к конкретной платформе. В случае Arduino Nano контакты SCL и SDA – A5 и A4 соответственно. Экран, как и любое устройство, подключаемое к I2C шине, имеет свой ID. Так как существует несколько производителей конвертеров для данного дисплея, ID так же бывают разными. Самые распространённые ID – 0x38, 0x37. Так же последние версии конвертеров выпускаются без резисторов регулировки контрастности, так как данная регулировка осуществляется программными

средствами. Для упрощения работы с LCD-дисплеем используется встроенная библиотека Liquid Crystal_I2C. В ней также находятся ознакомительные примеры с подробными комментариями.

Код программы подключения дисплея и датчика DHT-11 изображен на рисунке 21.

```
void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    dht.begin(); //Инициализируем датчик
    // инициализируем экран
    lcd.init();
    // включаем подсветку
    lcd.backlight();
}

void loop()
{
    //delay(2000); // 2 секунды задержки
    float h = dht.readHumidity(); //Измеряем влажность
    float t = dht.readTemperature(); //Измеряем температуру
    if (isnan(h) || isnan(t)) { // Проверка. Если не удастся считать показания, выводится «Ошибка»
        lcd.setCursor(0, 0);
        lcd.print("Error");
        return;
    }
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print(h);
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(t);
    lcd.setCursor(0, 2);|
}
```

Рисунок 21.

Так как написанный код требует проверки работоспособности, смоделируем нашу систему в программе Proteus 8.5, загрузим скомпилированный бинарный файл в эмулируемую плату Arduino Nano. Проверим корректность работы кода, отвечающего за обработку сигналов с датчика температуры и влажности воздуха, выведя их на наш дисплей. Полученный результат изображен на рисунке 22.

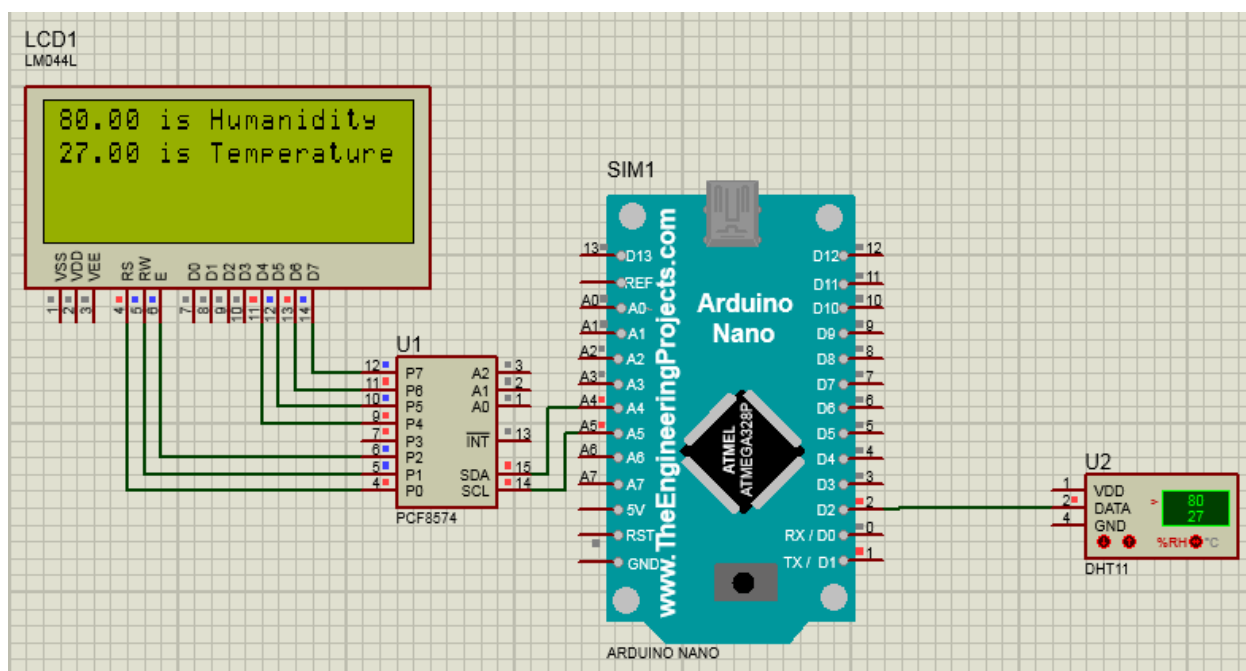


Рисунок 22.

Так как описывалось ранее, для подключения LCD 2004 по шине I2C необходим конвертер. Так как ID конвертера записано внутри конвертера, производителя специально записывают фиксированные адреса. В случае эмуляции в программе Proteus 8.5 ID конвертера (PCF8574) является 0x20. Для сборки реально системы необходимо поменять ID при создании объекта lcd в начале программы. Отличительной чертой эмулирования в САПР Proteus 8.5 является отсутствие необходимости разведения питания, так как эмулятор предполагает подачу напряжения на необходимые контакты без необходимости явной прокладки проводов.

Следующим этапом будет подключение датчика MQ-2. Серия датчиков MQ отсутствует в стандартном наборе деталей, однако доступна для скачивания в виде расширения на официальном форуме.

Подключить датчик можно к плате Arduino или напрямую к модулю реле. В первом случае используется аналоговый выход A0 датчика, который подключают к аналоговому входу на плате Arduino. В случае с реле используют цифровой выход датчика.

Первоначально опишем директиву SmokePin A0, затем считываем аналоговое значение с датчика. Значения датчика от 0 до 1023 где максимальное значение соответствует максимальной концентрации взрывоопасных веществ в воздухе. Для удобства чтения показателей переведем значения в процентное соотношение. В программе Proteus у датчика MQ – 2 имеется контакт TEST. Данный контакт предназначен для тестирования работы программы обработки аналогового сигнала. Принципиально, в ПО Proteus, датчик MQ-2 является делителем сигнала TestPin. Изображение 23 демонстрирует работу датчика газа.

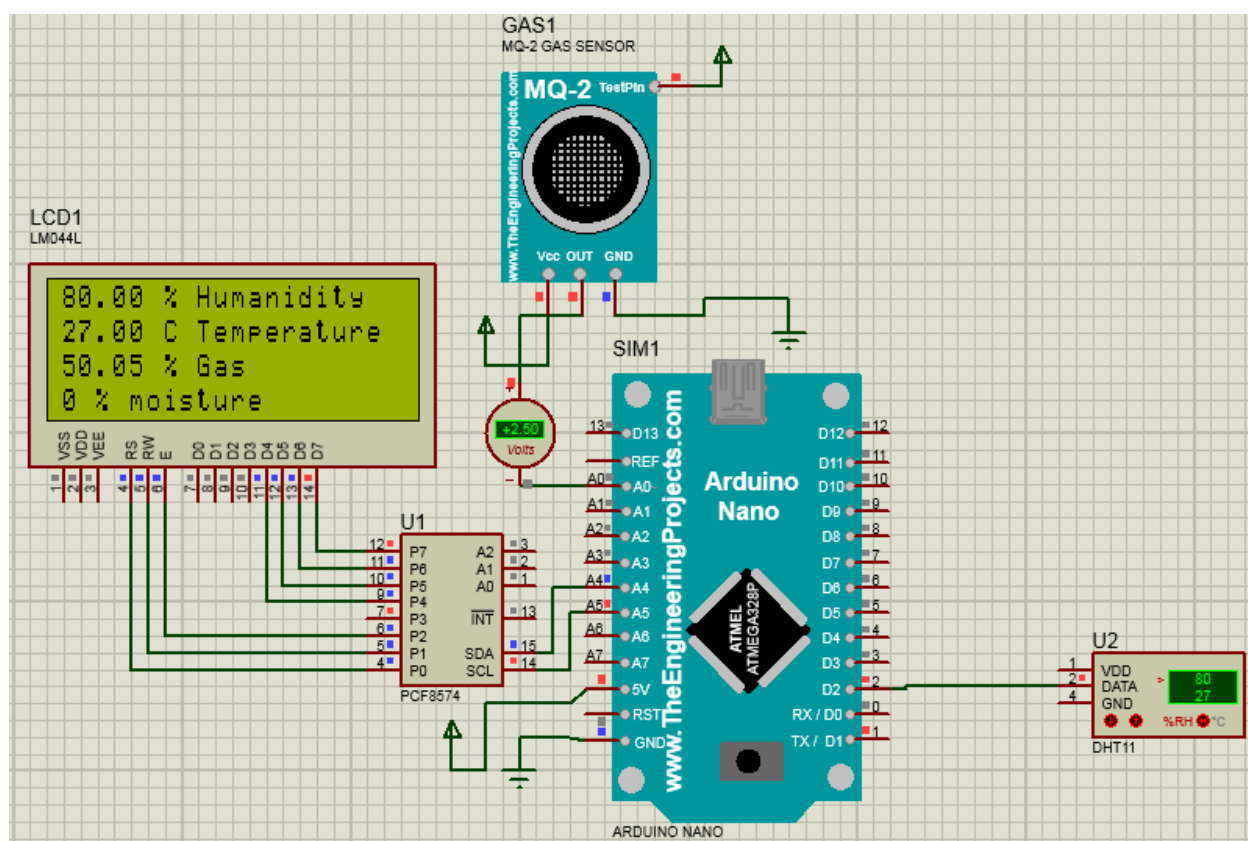


Рисунок 23

Принципом работы любого аналогового датчика является изменение напряжения в диапазоне от 0в до 5в. Команда AnalogRead(номер контакта) выполняет функцию преобразования полученного с указанного контакта напряжения в числовое значение от 0 до 1023. Данная операция называется аналогово-цифровое преобразование. Согласно технической документации,

Следующим этапом проектирования системы автоматизированного управления теплицей является создание кода управления исполнительными механизмами. Обозначим директивы контактов вывода понятными словами.

В случае данной системы необходимо 5 портов на вывод:

- Лампа
- Вентилятор
- Помпа системы автоматического полива
- Помпа для откачки лишней воды из поддона
- Клапан системы полива

Рассмотрим условия управления каналами. Для стабильного роста растений требуется строго нормированный день. В качестве таймера будем использовать оператор `millis()`; [13, С 288]. Данный оператор возвращает количество прошедших миллисекунд со включения микропроцессора. Алгоритмом таймера является выполнение необходимого действия при условии, если разница результата `millis()`; превышает заданное значение. Расчёт значения периода можно проводить непосредственно в момент создания переменной. Тип переменной необходимо использовать `long` так как значение в миллисекундах очень большое.

В нашей системе предусмотрено два механизма, работающих по временному таймеру, а именно лампа и насос системы полива. Лампа должна гореть 12 часов в сутки, а насос необходимо включать на 10 секунд один раз в сутки. Следовательно, нам необходимо задать две директивы, одна отвечает за время работы лампы, вторая за периодичность включения насоса. Так как насос включается на короткий промежуток времени, с целью оптимизации кода и ресурсов принято решение использовать функцию `delay()`; для реализации 10 секундной работы насоса в тот момент, когда лампа выключается.

Соответственно, в период работы насоса необходимо осуществлять открытие клапана подачи воды на распылитель.

В данной системе так же используется вытяжной вентилятор, основной задачей которого является обновление воздуха внутри теплицы для избегания возникновения избыточно высокой температуры воздуха. Целесообразно задать условием включения вентилятора условие включения лампы, так как источником повышенной температуры может являться только лампа. На рисунке 25 изображён участок кода, отвечающий за периодичность включения лампы, вентилятора, клапана и насоса.

```
if (millis() - my_timer >= period_time) {  
    my_timer = millis();  
    if (lamp)  
    {  
        digitalWrite(Sun, HIGH);  
        digitalWrite(Vent, HIGH);  
        lamp = false;  
    }  
    else  
    {  
        digitalWrite(Sun, LOW);  
        digitalWrite(Vent, LOW);  
        lamp = true;  
        digitalWrite(pump, HIGH);  
        digitalWrite(Valve, HIGH);  
        delay(1000);  
        digitalWrite(pump, LOW);  
        digitalWrite(Valve, LOW);  
    }  
}
```

Рисунок 25

Для демонстрации работы представлена серия изображений. Каждое реле подписано согласно выполняемой функции. Особенностью моделирования схем с использованием нескольких источников питания является подключение к общему проводу GND. Для моделирования сети переменного напряжения 220 вольт использован генератор синуса. В качестве параметров указана частота 60 герц амплитуда 310 вольт. Необходимо отметить что в эмуляторе использованы реле с замыкающимися контактами, однако в реальной использование таких

реле небезопасно. Для коммутации цепей переменного тока используются твердотельные реле с детектором перехода через ноль. Данные реле работают абсолютно бесшумно, в связи с отсутствием контактных площадок исключается возможность уменьшения проходного сечения в результате чего гарантируется более продолжительный и безопасный срок службы таких реле и системы в целом.

С целью уменьшения количества проводников, отображаемых на схеме эмулятора, используется ссылочный метод соединения контактов. Ссылка представляет собой элемент соединения контактов внутри ПО Proteus, обязательно имеющий пару по имени. Внешний вид ссылочного контакта описывается окружностью диаметром соединительной точки, имеющей сходство с контактным отверстием на реальной плате. Серия изображений, демонстрирующих работу силовой части системы изображена на рисунке 26.

- 26а) демонстрирует систему в состоянии покоя, освещение выключено.
- 26б) демонстрирует работу системы освещения и вентиляции.
- 26в) демонстрирует работу системы в течении заданного времени `delay()`; после выключения освещения. Включена помпа и клапан. Клапан схематично изображен в виде светодиода, для демонстрации положения соленоида внутри клапана. Диод светится – клапан открыт.

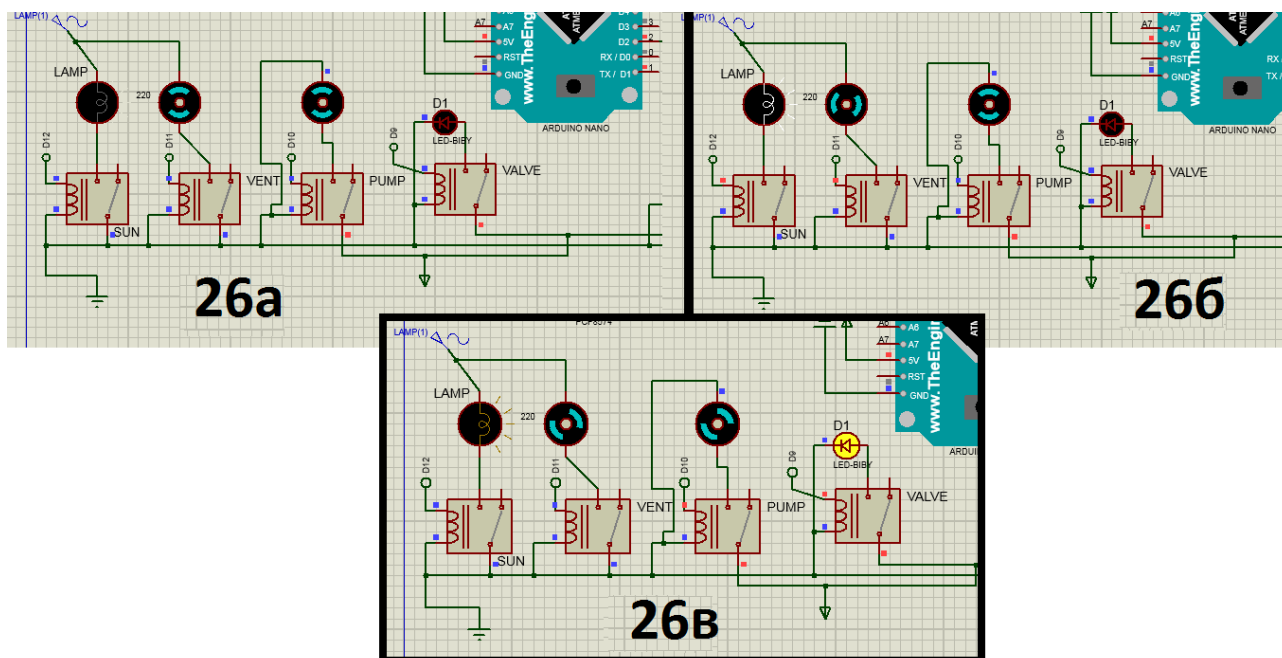


Рисунок 28

Следующий этап разработки включает в себя добавление функции принудительного включения вентилятора, при превышении заданного значения влажности и температуры воздуха. В момент обнаружения повышенного содержания газа в воздухе необходимо отключить все потребители, подключённые к сигнальным выводам с платы Arduino, кроме вентилятора, и, если требуется, включить его. Если влажность воздуха находится на минимальном уровне, а температура высокая, следует отключить все потребители и вывести на дисплей оповещение о подозрении на пожар. Так же, основываясь на снижении показателя датчика уровня воды ниже порогового, включить откачной насос.

Используя условный оператор `if` были внесены все дополнительные условия в код программы. Для очистки экрана использовалась функция `object.clear()`; из библиотеки `LiquidCrystal_I2C`. Для корректного отображения информационных сообщений, необходимо использовать данную функцию перед циклом с пред условием `while`, в котором происходит сравнение

показателей датчиков с пороговыми значениями. Участок кода отвечающий за выполнение данных условий приведен на рисунке 27.

```
if (t>45){
  if (h<25){
    lcd.clear();
    while(h<25){
      lcd.setCursor(0, 1);
      lcd.print("Dangerous!");
      lcd.setCursor(0, 2);
      lcd.print("Fire in GROWBOX!");
      digitalWrite(Sun, LOW);
      digitalWrite(Vent, LOW);
      digitalWrite(pump, LOW);
      digitalWrite(pumpOut, LOW);
      digitalWrite(fire, LOW);
      digitalWrite(Valve, LOW);
      dang = true;
      h = dht.readHumidity();
    }
    if(lamp){
      digitalWrite(Sun, HIGH);
      digitalWrite(Vent, HIGH);
    }
  }
}
```

Рисунок 27

Данный алгоритм предусматривает возвращение в исходное состояние системы. Состояние хранится в переменной lamp типа Boolean, где true освещение включено, false выключено. Переменная dang может использоваться для фиксации не штатной ситуации.

Включение откачной помпы основывается на датчике уровня жидкости, опытным путём установлено пороговое значение, при достижении которого необходимо включить помпу. Также, на дисплей выводится сообщение о том, что работает помпа. Длительность работы зависит от объёма поддона и скорости изменения уровня воды. Пороговым значением для включения помпы установлено 700, для выключения 500. Алгоритм продемонстрирован на рисунке 28

```

int lvl = analogRead(WatLevl);
if (lvl>700){
    lcd.clear();
    while (lvl>400){
        digitalWrite(pumpOut, HIGH);
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("PumpOut is");
        lcd.setCursor(0, 2);
        lcd.print("working!");
        lvl = analogRead(WatLevl);
    }
    digitalWrite(pumpOut, LOW);
}

```

Рисунок 28.

2.3 Тестирование системы

Тестирование системы будет осуществляться путем активации устройств, созданием условий для активации тех или иных приборов. При понижении температуры датчик DHT11 должен передать соответствующие

данные микроконтроллеру, который в свою очередь должен их обработать,

основываясь на обработанных показаниях задействовать алгоритмы включения или выключения исполнительных механизмов.

Датчик уровня воды должен обнаружить наполнение поддона горшка излишней водой, подать управляющий сигнал на реле, которое в свою очередь замкнёт цепь питания откачным насосом. Данная ситуация исключительно редка, так как объём жидкости в системе автоматического полива не может увеличиться без вмешательства человека.

Датчик концентрации газа в воздухе должен определить наличие в воздухе взрывоопасных веществ. Данная мера предосторожности необходима так как в данной системе используется лампа накаливания, разогревающаяся до большой температуры. Температуры колбы достигает 400 градусов Цельсия,

однако температура горелки лампы (внутри колбы) достигает значения 1300-1400 градусов Цельсия.

Для того что бы знать значения, выдаваемые датчиками в системе предусмотрен дисплей, отображающий все параметры в режиме реально времени, с частотой обновления 1 раз в 2 секунды. Так же дисплей служит для информирования о неполадках в системе, таких как повышенная температура, наличие газа в воздухе. В данной системе предусмотрены все возможные показания и условия, из-за которых могут возникнуть те или иные показания датчиков.

Система полностью автоматизирована, может работать без вмешательства человека до тех пор, пока не будет потрачена вода в резервуаре системы автоматического полива или не будут устранены условия, потенциально опасные для растения, теплицы и самой системы.

В ходе тестирования системы были выявлены некоторые недостатки, связанные со сложностью проектирования системы, осуществляющей автоматизированный ухода за живым существом. Так же одной из проблем тестирования оказалась проблема моделирования, так как датчики не часто используемые и их модели отсутствуют во множестве САПР, а некоторые отсутствуют во всех. Одной из основных проблем была реализация таймера на включение\выключение освещения, однако был составлен алгоритм, обнуляющий значение `millis()`;, что решило данную сложность.

Так же в процессе тестирования выявилась проблема с датчиком уровня воды, заключающаяся в окислении контактов, в связи с постоянным опросом датчика, соответственно подачей напряжения. Опытным путём установлено что датчик можно опрашивать раз в 2 часа что продлевает срок его службы в несколько десятков раз.

Использование дисплея в качестве источника обработанной информации, полученной с датчиков, является лучшим решением, в соотношении стоимость – результат.

Наличие оставшихся свободных контактов, как аналоговых, так и дискретных, является неоспоримым плюсом данной системы, так как осталась возможность для индивидуальной доработки системы датчиками и исполнительными механизмами. Максимальная оптимизация кода, подбор дешёвых и распространённых датчиков повлияла на готовую систему положительно.

Одним из положительных качеств в данной системы является простота сборки, заключающаяся в отсутствии необходимости точной установки и калибровки небольшого количества датчиков. Алгоритмы программы используют простые алгоритмы, исключающие ошибки и не загружающие процессор, использование гальванической развязки реле исключает возможность помех в работе системы. Тестирование было пройдено успешно и совпало с ожидаемыми результатами. Система может быть введена в эксплуатацию. Полностью собранная система изображена на рисунке 29.

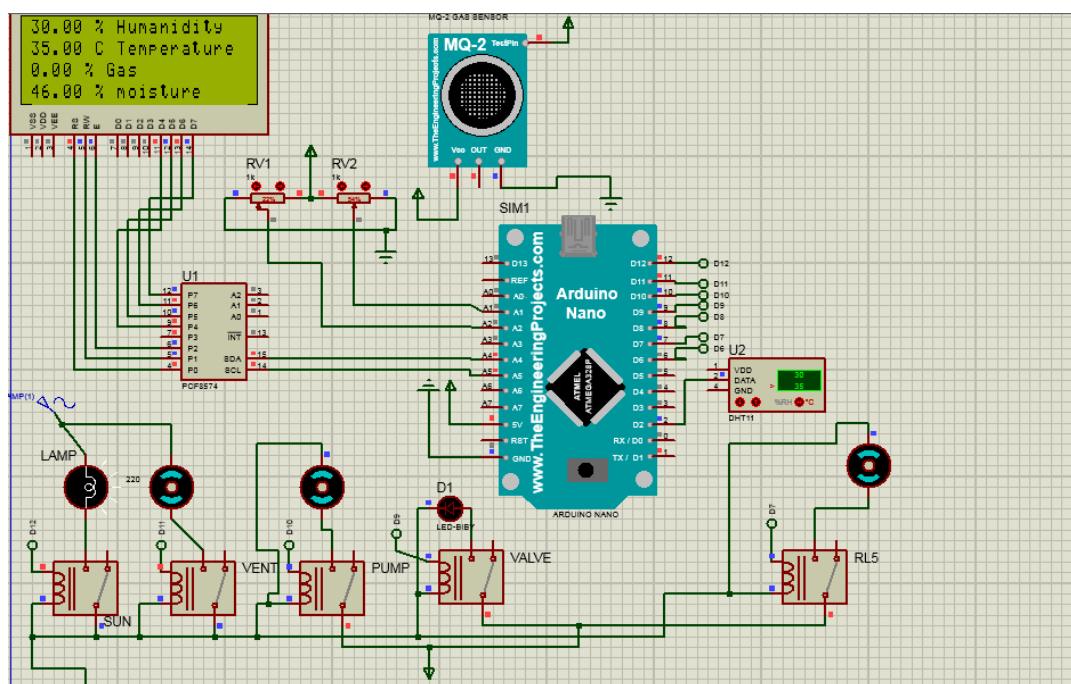


Рисунок 29

Заключение

В соответствие с поставленными задачами были получены следующие результаты:

- исследованы методы выращивания растений. Определены доступные и простые методы, реализуемые без больших затрат;
- отобраны наиболее подходящие компоненты для разработки системы: рассмотрена наиболее популярная платформа разработки – Arduino Nano. Также был обоснован выбор микроконтроллера Arduino Nano;
- изучены способы подключения датчиков и модулей;
- подробно разобрана Arduino Nano, а также описаны ее входы и выходы;
- Разработана программа обрабатывающая цифровые сигналы, аналоговые, а также сигналы, полученные по шине I2C. Рассмотрены некоторые тонкости подключения и эмуляции датчиков и дисплея;
- Спроектированы схемы в программе Fritzing. Спроектирована и запущена система в САПР Proteus 8.5.

Система автоматизированного управления теплицей позволяет оставлять слишком требовательное к условиям растения без присмотра на неопределённый срок. Система анализирует изменения в микроклимате внутри теплицы и реагирует на них активируя те или иные компоненты системы, что позволяет удерживать условия выращивания продолжительный период времени.

Разработанная система неоспоримо имеет небольшой список недостатков. Самым крупным и серьёзным из этого списка можно выделить энергозависимость. Отключение от питания данной системы обнулит счётчик текущего времени, и цикл дня и ночи начнётся заново. Можно подключить данную систему к источнику бесперебойного питания, однако энергопотребление лампы весьма высокое и не подразумевает использование

каких-либо источников кроме сетевого. Из данного рассуждения следует что использование аккумуляторов способно только сохранить цикл дня и ночи в системе, питать лампу или вытяжной вентилятор можно только централизованным напряжением. В результате разработанная система — недорогая, простая в установке, эксплуатации и настройке, но самое главное гибкая, что позволяет модифицировать ее без особых усилий и временных затрат практически под любую задачу.

Список информационных источников

1. Arduino Software IDE // arduino.cc
URL: <https://www.arduino.cc/en/Guide/PortableIDE> (дата обращения: 15.01.2020)
2. Гуманитарный портал // gtmarket URL:
<https://gtmarket.ru/ratings/urbanization-index/info> (дата обращения 10.01.2020)
3. Arduino // arduino.cc URL : <https://www.arduino.cc> (дата обращения: 15.01.2020)
4. Википедия – Растениеводство // Wikipedia.ru URL :
<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE> (дата обращения 11.01.2020)
5. Microsoft Developer: Windows 10 IoT // Microsoft
URL: <https://developer.microsoft.com/en-us/windows/iot> (дата обращения: 16.12.2019)
6. Лещев, С. В Интерфейсы социальной экологии: от технологической конвергенции к интернету вещей. / С. В. Лещев .— 2016 .: ИМЭМО, 2017.— С. 104-112
7. Проектирование автоматизированных систем. // Электронная зональная библиотека УРФУ URL: <http://lib.urfu.ru/>. (Дата обращения – 12.01.2020)
8. Сервантес Х. Учебник начинающего агронома. Джордж Ван Патенн – БХВ-Петербург, 2017. – 231 с.
9. Блум, Д. Изучаем Arduino Инструменты и методы технического волшебства : Учебное пособие / Д. Блум. - М: БХВ-Петербург, 2018. – 336 с.
10. Геддес, М. 25 крутых проектов с Arduino / М. Геддес. – М. : Эксмо, 2018. – 272 с.

11. Иго, Т. Arduino, датчики и сети для связи устройств / Т. Иго. – М. : БХВ-Петербург, 2017. – 544 с.
12. Монк, С. Прографируем Arduino / С. Монк. – М. : Питер, 2016 – 175 с.
13. Ховард, Майкл Как написать безопасный код на C++, Java, Perl, PHP, ASP.NET / Майкл Ховард , Дэвид Лебланк , Джон Виега. – М.: ДМК Пресс, 2014. - 288 с.
14. Петин, В. Проекты с использованием микроконтроллера Arduino / В. Петин. – М. : БХВ-Петербург, 2017. – 457 с.
15. Петин, В. Arduino и Raspberry Pi в проектах Internet of Things / В. Петин. – М. : БХВ-Петербург, 2016. – 314 с.
16. Петин, В. Проекты с использованием микроконтроллера Arduino / В. Петин. – М. : БХВ-Петербург, 2017. – 457 с.
17. Сомер, У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freduino 2-е издание / У. Сомер. – М.:БХВ-Петербург, 2017. – 288 с.
18. Сомер, У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freduino 2-е издание / У. Сомер. – М.:БХВ-Петербург, 2017. – 288 с.
19. Установка и настройка Arduino IDE // All-arduino URL:<https://all-arduino.ru/arduino-ide/> (дата обращения: 10.01.2020)
20. Автоматизация управления теплиц // Онлайн библиотека СПбГЭУ URL - <http://lib.eltech.ru/files/vkr/2017/bakalavri/3307/2017%D0%92%D0%9A%D0%A0330711%D0%A5%D0%90%D0%A0%D0%98%D0%A2%D0%9E%D0%9D%D0%9E%D0%92.pdf>. (Дата обращения – 10.01.2020)
21. Датчик температуры и влажности // Arduino-diy URL: <http://arduino-diy.com/arduinoatchiki-temperatury-i-vlazhnosti-DHT11-i-DHT22>. (Дата обращения – 10.01.2020)
22. Микроконтроллер // myrobot URL: https://myrobot.ru/stepbystep/mc_about.php. (Дата обращения - 04.06.2018)

23. НПФ «Фито »Система управления микроклиматом теплицы (ФС серия). <http://www.fito-system.ru/upravleniemikroklimate-teplicy>. (Дата обращения – 03.04.2018)
24. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freeduino, Санкт-петербург / Соммер У.:БХВ-Петербург, 2012. – 242с
25. Инвестиционные предложения Россельхозбанка // Сайт Россельхозбанка URL: <https://www.rshb.ru/legal/credit/invest/>. (Дата доступа – 18.12.2019)
26. Инвестиционные предложения ПАО Сбербанк // Сайт ПАО сбербанк URL: <https://www.sberbank.ru/ru/legal/credits/corporative/>. (Дата доступа – 18.12.2019)
27. Система управления микроклиматом теплицы. // HABR URL: <https://habr.com/post/388837/>. (Дата обращения – 20.01.2020)
28. Умная теплица. // Science-start URL : <https://science-start.ru/ru/article/view?id=811>. (Дата обращения – 20.01.2020)
29. Умные теплицы в России. //Онлайн газета Росси URL: <https://www.gazeta.ru/business/2017/08/01/10814257.shtml>. (Дата доступа 18.12.2019)
30. Arduino NANO // Radioprogram URL : <http://radioprogram.ru/shop/merch/2>. (Дата обращения – 28.12.2019)
31. Фреймворк Arduino // platformio URL : <https://platformio.org/frameworks/arduino>. (Дата доступа – 26.12.2019)
32. Стрекалова, Н. Д, Бизнес-планирование: Уч. пособие/ Н.Д. Стрекалова. С-Пб.:Питер. – 2012. – 352с.